

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-267795

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

H 0 4 B 10/16

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8426-5K

H 0 4 B 9/ 00

J

審査請求 未請求 請求項の数38(全 24 頁)

(21)出願番号 特願平4-95785

(22)出願日 平成4年(1992)3月23日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 新田 淳

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

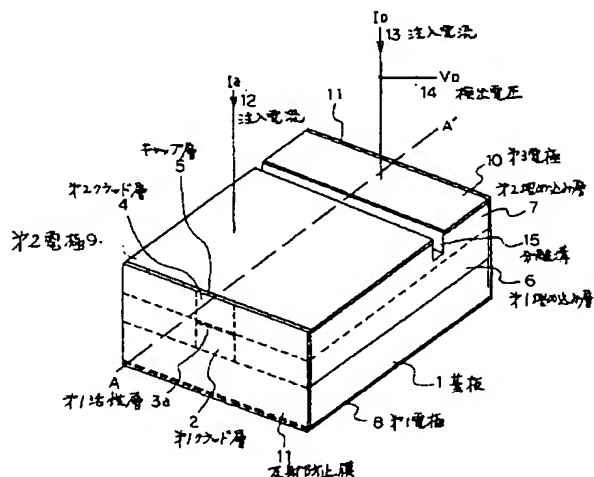
(74)代理人 弁理士 加藤 一男

(54)【発明の名称】 半導体光増幅素子およびその使用方法

(57)【要約】

【目的】 複数の増幅領域を有しその内の少なくとも1つは増幅時の電圧変化を検知する領域になっている半導体光増幅素子及びその使用方法である。

【構成】 半導体レーザ構造を用いた半導体光増幅素子において、増幅領域が光の進行する方向に、少なくとも2つ以上の領域に分離溝15で電気的にだけ分離されている。増幅光の波長検知領域である増幅領域が、任意の波長範囲に利得を有する量子井戸を基調とする第2活性層で構成されていて、他の増幅領域が、第2活性層の利得を有する波長範囲を、任意の注入電流12で利得波長範囲に含むことができるバルク結晶の第1活性層3aから構成されている。第1活性層3aで増幅された入力光は、第2活性層の波長検知領域に入り、そこで電圧変化を起こして、その増幅光の波長が知られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザ構造を用いた半導体光増幅素子において、増幅領域が光の進行する方向に少なくとも2つ以上の領域に電氣的にだけ分離されていて、少なくとも1つの分離された増幅領域が、任意の波長範囲に利得を有する第1の活性層で構成されていて、他の増幅領域が、上記第1の活性層の利得を有する波長範囲を、任意の注入電流で利得波長範囲に含むことができる第2の活性層から構成されていることを特徴とする半導体光増幅素子。

【請求項2】 前記第1の活性層が、任意の波長範囲に利得を有する量子井戸を基調とする活性層で構成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体光増幅素子。

【請求項3】 前記第2の活性層が、前記第1の活性層の利得を有する波長範囲を、任意の注入電流で利得波長範囲に含むことができるバルク結晶から構成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体光増幅素子。

【請求項4】 入出力端面に反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体光増幅素子。

【請求項5】 増幅領域が2つに分離されていて、光を入力する側に第2の活性層の増幅領域、出力側に第1の活性層の増幅領域があることを特徴とする請求項1の半導体光増幅素子。

【請求項6】 増幅領域が3つに分離されていて、1つが第1の活性層の増幅領域で、その他が第2の活性層の増幅領域であることを特徴とする請求項1の半導体光増幅素子。

【請求項7】 前記第1の活性層の1つの増幅領域が中央にあることを特徴とする請求項6の半導体光増幅素子。

【請求項8】 増幅領域が3つに分離されていて、2つが第1の活性層の増幅領域であり且つこの2つの第1の活性層が異なるエネルギー準位を持っていて、残りの増幅領域が第2の活性層からなることを特徴とする請求項1の半導体光増幅素子。

【請求項9】 前記第1の活性層の2つの増幅領域の1つが中央にあることを特徴とする請求項8の半導体光増幅素子。

【請求項10】 増幅領域が4つに分離されていて、2つの増幅領域がエネルギー準位の異なる第1活性層から構成されていて、他の増幅領域が第2の活性層を有していることを特徴とする請求項1の半導体光増幅素子。

【請求項11】 前記第1の活性層の2つの増幅領域は中央にあることを特徴とする請求項10の半導体光増幅素子。

【請求項12】 請求項6記載の半導体光増幅素子と、該半導体光増幅素子の第1の活性層の増幅領域の入力光波長で変化する電圧変化に応じて、出力側の活性層の増幅領域へ流す電流を調整する機能を有する制御回路からな

ることを特徴とする光スイッチ。

【請求項13】 請求項10記載の半導体光増幅素子と、該半導体光増幅素子の第1の活性層を用いた2つの増幅領域の入力光波長に応じた電圧変化に応じて、出力側の増幅領域へ流す電流を調整する機能を有する制御回路からなることを特徴とする光スイッチ。

【請求項14】 半導体レーザ構造を用いた半導体光増幅素子において、増幅領域が光の進行する方向に少なくとも2つ以上の領域に電氣的に分離されていて、該分離された増幅領域の少なくとも1つ以上で、多くとも分離された領域の数より1つ少ない増幅領域の光増幅時の電圧変化を検知して、残りの増幅領域への注入電流量を制御する手段を有することを特徴とする半導体光増幅素子。

【請求項15】 入出力端面に反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項14記載の半導体光増幅素子。

【請求項16】 電圧検知する増幅領域の利得係数がその他の増幅領域の利得係数よりも小さいことを特徴とする請求項14記載の半導体光増幅素子。

【請求項17】 電圧検知する増幅領域へ注入する電流密度を、他の増幅領域へ注入する電流密度より少なくすることにより、利得係数が小さくされていることを特徴とする請求項16記載の半導体光増幅素子。

【請求項18】 電圧検知する増幅領域に、光が、該電圧検知する増幅領域以外の少なくとも1つの増幅領域中を進行しそして増幅されてから、入力されるように構成されたことを特徴とする請求項14記載の半導体光増幅素子。

【請求項19】 増幅領域が2つに分離されていて、光を入力する側に増幅領域、出力側に電圧検出領域があることを特徴とする請求項18記載の半導体光増幅素子。

【請求項20】 増幅領域が3つに分離されていて、中央の1つが電圧検出領域であることを特徴とする請求項18記載の半導体光増幅素子。

【請求項21】 増幅領域が3つに分離されていて、両端の2つが電圧検出領域であることを特徴とする請求項14記載の半導体光増幅素子。

【請求項22】 電圧検出領域とそれ以外の増幅領域の活性領域とのバンドギャップエネルギーが異なり、電圧検出領域のバンドギャップエネルギーを大きくすることによりその利得係数を小さくすることを特徴とする請求項16記載の半導体光増幅素子。

【請求項23】 端末装置からの信号をもとに、発光デバイスを駆動し光信号を出力させる制御部と、電気信号を光信号に変換する該光デバイスを含む発光部と、発光部からの光信号を増幅する請求項14記載の半導体光増幅素子からなることを特徴とする光送信機。

【請求項24】 光信号を増幅する請求項14記載の半導体光増幅素子と、増幅された光信号を電気信号へ変換する光検出部と、光検出部からの電気信号を再生して端末

装置へ信号を送る機能を有する制御回路からなることを特徴とする光受信機。

【請求項 2 5】請求項 1 4 記載の半導体光増幅素子と、該素子との入出力を行うための先球光ファイバから構成されることを特徴とする半導体光増幅装置。

【請求項 2 6】請求項 2 3, 2 4, 2 5 記載の装置のうち少なくとも 1 つを含んだことを特徴とする片方向光通信システム。

【請求項 2 7】電気信号にしたがって光信号を発生する発光デバイスと、光信号を電気信号に変換する光検出部と、端末装置からの信号をもとに該発光デバイスを駆動し光信号を出力させる機能と該光検出部からの電気信号を再生中継して端末装置へ送る機能とを持つ制御部と、該発光デバイスから出力された光信号を増幅する請求項 1 4 記載の半導体光増幅素子と、該光検出部へ入力される光信号を増幅する請求項 1 4 記載の半導体光増幅素子と、該 2 つの半導体光増幅素子に接続された光分岐合流素子から構成されることを特徴とする光送受信機。

【請求項 2 8】請求項 2 5, 2 7 記載の装置のうち少なくとも 1 つを含んだことを特徴とする双方向光通信システム。

【請求項 2 9】前記光検出部にバンドパスフィルタが付加されたことを特徴とする請求項 2 4 記載の光受信機。

【請求項 3 0】請求項 2 3 記載の光送信機を 2 つ以上の複数個と請求項 2 4, 2 5 記載の装置のうち少なくとも 1 つを含んだことを特徴とする片方向波長多重光通信システム。

【請求項 3 1】請求項 2 5 記載の半導体光増幅装置を少なくとも 1 つ含んだことを特徴とする光ループ型 LAN。

【請求項 3 2】請求項 2 5, 2 7 記載の装置のうち少なくとも 1 つを含んだことを特徴とする光パッシブバス型 LAN。

【請求項 3 3】光分岐合流素子を有し、請求項 1 4 記載の半導体光増幅素子が、該光分岐合流素子の入出力部の少なくとも 1 カ所以上に接続されていることを特徴とする損失補償型光分岐合流素子。

【請求項 3 4】請求項 3 3 記載の素子を少なくとも 1 つ用いたことを特徴とする請求項 3 2 記載の光パッシブバス型 LAN。

【請求項 3 5】請求項 2 1 記載の半導体光増幅素子と、該半導体光増幅素子と光を結合する手段と、該半導体光増幅素子からの 2 つの電圧を入力として、該光を結合する手段に結合効率を変化させる信号を送出する制御回路からなることを特徴とする半導体光増幅装置。

【請求項 3 6】光を結合する手段が先球光ファイバから構成されていることを特徴とする請求項 3 5 記載の半導体光増幅装置。

【請求項 3 7】結合効率を変化させることが、前記制御

回路からの信号に基づいて先球光ファイバを支持している 3 軸微調機構で行われることを特徴とする請求項 3 6 記載の半導体光増幅装置。

【請求項 3 8】半導体レーザ構造を用いた半導体光増幅素子において、増幅領域が光の進行する方向に少なくとも 2 つ以上の領域に電氣的にだけ分離されていて、少なくとも 1 つの分離された増幅領域が任意の波長範囲に利得を有し、他の増幅領域がこの任意の利得波長範囲と重なり部分を有する利得波長範囲を有する様に調整可能であることを特徴とする半導体光増幅素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特定の波長の光が増幅されているか否かを接合の両端電圧の変化で検知可能な半導体光増幅素子とその使用方法、定電流動作している状態で入力光信号により生じる印加電圧の変化を用いる半導体光増幅素子およびその使用法などの、複数の増幅領域を有しその内の少なくとも 1 つは増幅時の電圧変化を検知する領域になっている半導体光増幅素子及びその使用法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体光増幅素子で光を増幅する時、その光の波長が如何なる範囲の波長であるかを知るには、半導体光増幅素子への入力前に入力光を、或は増幅光の一部を分岐して、これを波長検出手段を有した検出部に入力して、その光の波長を検知していた。

【0003】また、従来、半導体光増幅素子の APC 増幅動作（出力光パワーを一定にするように制御して増幅動作を行うこと）を行なうには、光信号増幅時の光増幅素子に発生する電圧変化を用いる方式があった。

【0004】図 3 5 に、このような方式を説明するための図を示す。同図において、6 0 1 は入力光、6 0 2 は半導体光増幅素子、6 0 3 は出力光、6 0 4 は制御回路、6 0 5 は電源、6 0 6 はバイアス T である。例えば、入力信号 6 0 1 はデジタル信号であって、この信号に対して、デジタル信号の伝送レートより十分緩やかな正弦波信号を重ねておく。この様になると、半導体光増幅素子 6 0 2 で光信号 6 0 1 が増幅される時に生じる電圧変化が、バイアス T 6 0 6 により、制御回路 6 0 4 へ入力され、正弦波の周波数に同期した電圧変化量が一定になる様に電源 6 0 5 へ制御信号が送られる。こうして、電源 6 0 5 から半導体光増幅素子 6 0 2 へ流すバイアス電流を変化させることにより、APC 増幅動作を達成していた。

【0005】

【発明が解決しようとしている課題】しかしながら、上記第 1 の増幅波長検知の従来例では、信号光の一部を分岐するために光の損失が伴い、更に分岐するための光学部品を必要とする欠点があった。

【0006】また、上記第 2 の APC 増幅動作の従来例

10

20

30

40

50

では次の如き欠点があった。即ち、半導体光増幅素子602中を入力光信号が進行するときに、これは、電流注入により形成された反転分布による誘導放出により増幅されて出力光となる。この増幅作用は半導体光増幅素子602の活性層中のキャリアの再結合をともなう現象である。従って、増幅動作中は、非増幅時と比べて活性層中のキャリア密度が小さくなり、接合両端に生ずる電圧が減少する。この様な電圧変化の量は、入力光が大きい程、或は増幅率が大きい程大きくなる。しかしながら、上記第2の従来例の様に、2枚の対向する電極からだけ電流注入を行い電圧変化を検知する構成では、次の様になる。

【0007】1. 入力光601が光増幅素子602中を進行するに従い、増幅されて大きくなるので、進行方向に沿って電圧変化が徐々に大きくなり、電圧変化量が平均化された状態でしか検知できない。

【0008】2. 光が進行する方向に電圧勾配が生じるので、進行方向に電流が流れて、素子全体の増幅率を低下させる。

【0009】3. 電圧変化を検出する部分と増幅率を調整する部分が同じ領域なので、制御が難しい。

【0010】従って、本発明は上記の問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、特定の波長の光が増幅されているか否かを接合の両端電圧の変化で検知可能な半導体光増幅素子とその使用方法、定電流動作している状態で入力光信号により生じる印加電圧の変化を用いる半導体光増幅素子およびその使用方法などの、複数の増幅領域を有しその内の少なくとも1つは増幅時の電圧変化を検知する領域になっている半導体光増幅素子及びその使用方法を提供することにある。本発明では増幅時の電圧変化が首尾よく検知されるが、その使用目的は種々に設定されうる。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、半導体レーザ構造を用いた半導体光増幅素子において、増幅領域が光の進行する方向に少なくとも2つ以上の領域に電気的にだけ分離されていて、少なくとも1つの分離された増幅領域が任意の波長範囲に利得を有し、他の増幅領域がこの任意の利得波長範囲と重なり部分を有する利得波長範囲を有する様に調整可能である半導体光増幅素子が構成される。

【0012】また、本発明によれば、半導体光増幅素子の活性領域の1部に増幅光の波長に敏感な活性領域（検出領域、例えば量子井戸や量子細線から構成される）を設けて、その領域の光増幅時の電圧変化を検知することにより、該検出領域で決まる波長の光を増幅しているかどうかを検知できるようにしている。

【0013】更に、本発明によれば、半導体レーザアンブにおいて、増幅時の電圧変化を検知する部分と、増幅率を変化させる部分を分離する構造にし、検知部分の電

圧変化量に応じて、増幅率を変化させる部分に流す電流を調整する制御回路を設けることにより、従来より大きな電圧変化が得られるようになり、さらに容易にAPC増幅動作できるようにしたものである。

【0014】より具体的な構成及びこれらの使用法ないし適用例は以下の説明から明らかとなる。

【0015】

【実施例1】図1、2は本発明の第1の実施例の特徴を最もよく表わす図面である。図2は、図1のA-A'切断面である。同図において、1は例えばn-GaAsからなる半導体基板、2は例えばn-Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる第1クラッド層、3aは例えばノンドープAl_{0.01}Ga_{0.99}Asからなる第1活性層、3b（図2にのみ示される）は例えば量子井戸構造で、井戸幅6nm、障壁層がAl_{0.3}Ga_{0.7}Asから構成されている単一量子井戸の第2活性層、4は例えばp-Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる第2クラッド層、5は例えばp-GaAsからなるキャップ層、6は例えばp-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなる第1埋め込み層、7は例えばn-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなる第2埋め込み層、8は例えば金とゲルマニウムからなり基板1の裏面に形成された第1電極、9は例えば金とクロムの合金からなり第1活性層3a上に形成されている第2電極、10は例えば金とクロムの合金からなり第2活性層3b上に形成されている第3電極、11は端末に形成されている反射防止膜（例えば、ZrO₂からなる）、12は第2電極9と第1電極8により第1活性層3aへ注入されている注入電流I_a、13は第3電極10と第1電極8により第2活性層3bへ注入されている注入電流I_b、14は第3電極10と第1電極8の間に生じる電圧V_b、15は第1活性層3aと第2活性層3bとを電気的に分離するための分離溝である。

【0016】この第1の実施例では、第1活性層3aが広帯域な波長範囲で増幅を行ない、第2活性層3bが比較的特定の波長で増幅を行なう。以下、前者の役割をもつ活性領域を一般増幅領域、後者のものを波長検知領域と記述する。

【0017】次に本実施例の動作について説明する。光が本実施例の光増幅素子内を進行するに従い増幅をうけるが、その前に、各領域への注入電流量を、素子が所望の特性となるように設定しておかなければならない。まず、一般増幅領域では、その増幅波長範囲が波長検知領域の増幅波長範囲を含むように注入電流量I_aを選ぶ。波長検知領域に対しては、注入電流密度が多いと、利得スペクトルの幅が広がってしまうので、例えば、その幅が10nm程度になるように電流I_bを注入する（図3参照）。この状態で、光を一般増幅領域側の端面から入力すると、これは、一般増幅領域を進行しながら増幅作用を受け、続いて、波長検知領域に入って増幅作用を受けて出力される。

【0018】波長検出領域を定電流動作させておくと、検出電圧 V_{D14} は、増幅している光の波長により、次の3つの挙動を示す。

【0019】図3に示す波長の領域Ⅰの場合（つまり、第1活性層3aと第2活性層3bのバンドギャップ波長の間の領域）では、一般増幅領域で増幅された光は、波長検出領域では、ほとんど相互作用せずに透過して出力光となる。従って、電圧 V_{D14} は変化しない。

【0020】図3の領域ⅠⅠの波長範囲の光の場合、光は波長検出領域でも増幅されて出力されるので、この領域のキャリアを消費し、定電流動作のために検出電圧 V_D を小さくする方向に作用する。図3の領域ⅠⅠⅠの波長範囲の場合、波長検出領域では、光は吸収されキャリアを増加させるので、電圧 V_{D14} を大きくする方向に作用する。この様に、本実施例では波長検出領域の電圧変化によって、増幅している光の波長がどの波長範囲にあるかを知ることができる。

【0021】上記説明では、入力光を、一般増幅領域の側から入力したが、もちろん逆から入力してもこの様な動作を得ることができる。しかし、キャリア消費による電圧変化は光が強い程大きいので、一般増幅領域から入力した方が簡単に電圧変化を検知することができる。

【0022】図4に、双方向動作時に、或る程度の電圧変化を検出可能な構成の変形例を示す。図4において、図1、図2の部分と同一の部材には同一番号をつけた。図4の構成では、波長検出領域を半導体光増幅素子の中央部に配置することにより、どちら側から入力された光も注入電流 I_{a121} 、 I_{a2122} の一般増幅領域1、2によって増幅されてから、波長検出領域に到達するので、いずれから来た光に対しても検出電圧の変化量を大きくすることができる。動作原理は図1の実施例と同じである。

【0023】また、一般増幅領域と波長検出領域を構成する活性層を同一構造のものにしても、各領域への注入電流密度に差をつけることにより同様の動作を実現することができる。この場合の各領域での利得スペクトルの例を図5に示す。この場合、図3で説明した波長領域Ⅰはなく、領域ⅠⅠ（波長検出領域の検出電圧が小さくなる）と領域ⅠⅠⅠ（波長検出領域の電圧が大きくなる）だけになる。

【0024】

【実施例2】図6に本発明の第2の実施例を示した。図6は第1の実施例の図2に対応する図である。図6において、図1、図2と同一部材は同一番号をつけてある。新たに本図で示したものについて説明を行う。図6において、3cは第3活性層で、例えば、井戸幅5nmのGaAsから構成される。10b、10cはそれぞれ第3電極、第4電極で例えば金とクロムの合金から形成される。131、132はそれぞれ第2活性層10bおよび第3活性層10cへ注入している注入電流 I_{D1} 、 I_{D2} で

あり、141、142はそれぞれ第3電極10bと第1電極8間の電圧 V_{D1} と第4電極10cと第1電極8間の電圧 V_{D2} である。以下、第2活性層3bから構成される増幅部分を波長検出領域1、第3活性層3cから構成される増幅部分を波長検出領域2と記述する。

【0025】本実施例の基本的な動作は第1の実施例とほぼ同様である。この実施例では、波長検出領域を2つの異なる波長に反応するように設けてある。すなわち、これが波長検出領域1と2である。それぞれの領域への電流注入量 I_{D1} 、 I_{D2} を調整して、各領域の利得スペクトルを図7のようになるようにしておく。波長検出領域1と2のそれぞれ利得スペクトルの中心波長が840nmと855nmで、利得が0となる幅を10nmとしておく。更に、活性層3aの一般増幅領域は、これら波長検出領域1と2の波長域を含んで利得係数スペクトルが広がる様に設定しておく。この様な利得係数スペクトルになるごとく各領域に電流を流しておき、光増幅動作を行うと、増幅光の波長範囲によって各波長検出領域1と2の電圧変化の状況が異なる。

【0026】図8に、これら電圧 V_{D1} 、 V_{D2} の電圧変化を増幅光の波長ごとにまとめた表を示した。図中で、+は電圧が増加する方向に変化するもの、-は電圧が減少する方向に変化するもの、0はほとんど変化しない領域である。この様に、2つの波長検出領域1と2の電圧 V_{D141} および V_{D2142} の電圧変化量を検知することにより、どの波長範囲の光を増幅しているかを容易に知ることが可能となる。

【0027】また、本実施例を図4の様に構成（すなわち、波長検出領域1と2が半導体光増幅素子の中央部に設けられている）することにより、どちらの方向から光が入力されても大きな電圧変化を得ることが可能となる。

【0028】本実施例では、波長検出領域が2つある例を示したが、それぞれ利得係数スペクトルが異なる3つ以上の波長検出領域があれば、より細かく増幅している光の波長範囲を知ることが可能となる。

【0029】以上説明した2つの実施例では、1つの波長の光を増幅する時には、特に効果的に増幅される光の波長範囲を知ることが可能となる。

【0030】しかし、波長多重信号の増幅の場合のごとき複数の波長の光が同時に増幅される場合は、波長検出領域の利得スペクトルの波長幅（利得が0となる幅）と波長多重信号の波長間隔の関係によっては、1つの波長検出領域で複数の信号光による電圧変化が互いに打ち消す方向に発生する可能性がある。

【0031】この場合、波長検出領域の利得スペクトル波長幅を狭くすることにより、この様な問題をなくすることができる。しかし、波長検出領域の利得スペクトル波長幅を狭くするには、そこへの電流注入量を減らさなければならず、それでは利得係数を全体的に小さくしてし

まい、検出電圧の変化量を大きくとることができない。このような場合は、量子細線など、より狭い波長範囲に状態密度関数が集中している活性領域を用いることにより、検出電圧変化量が大きいまま波長選択性（利得スペクトル波長幅の狭さ）を向上させることが可能となる。

【0032】また、第1、第2の実施例の中では、GaAs系の材料を基調としたデバイスの構成例を示したが、もちろんInP系の材料を用いても同様の効果が得られるデバイスを実現することができる。

【0033】第1、第2の実施例では、埋め込み構成による導波路を用いたが、リッジ構造、ストライプ構造、SCH構造、GRIN-SCH構造など、従来の半導体レーザで用いられている導波構造であればどのような構造でも用いることができる。

【0034】また、第1、第2の実施例ではバルク活性層と量子井戸活性層で構成した例を示したが（図5の例を除いて）、例えば、量子井戸活性層のかわりに、量子細線の活性層を用いれば検出電圧の小さくなる（変化する）波長範囲をより狭くすることが可能となる。

【0035】以上の実施例では入力される光についての波長の記述であったので、ここで若干補足しておく。仮に、光がデジタル信号である場合、そのデジタル信号の伝送レートより十分に周波数の低い正弦波信号での変調を加え、波長検出領域の電圧変化を検知する場合に、この変調周波数に同期した電圧変化を測定することにより、より微弱な電圧変化も検出が可能となる（このような方式は、従来、半導体光増幅素子のAPC制御で用いられていた）。これについては後述の実施例に説明がある。

【0036】

【実施例3】第1、第2の実施例で示したような本発明の半導体光増幅素子の構成を用いた応用例を図9に示した。

【0037】図9において、20は例えば図4に示される半導体光増幅素子、21は入力光、22は入力光が増幅された出力光、23は制御回路、24、25、26は電源1、2、3である。また、図4と同様、14は波長検出領域の電圧 V_D 、13は波長検出領域への注入電流 I_D 、121、122は一般増幅領域1と2への注入電流 I_{a1} 、 I_{a2} である。

【0038】制御回路23は、波長検出領域の電圧変化を検知して、注入電流 I_{a1} 121と I_{a2} 122の量を、電源1（24）と電源2（25）へ制御信号を送ることにより制御する機能を持っている。

【0039】このような構成にすることにより、入力波長によりオン・オフする光ゲートを構成することが可能となる。そのために、先ず、注入電流 I_{a1} 、 I_{a2} と I_D を調整して、図3に示されるような利得分散特性を持たせておく。

【0040】そこで、例えば、図3の領域11の光が入

力された時に、注入電流 I_{a2} 122を0にして、領域111の光が入力された時に、注入電流 I_{a2} を流すようにしておく。更に、実際に増幅したい光の波長は領域111の波長としておく。この様にしておくことで、光の波長でスイッチ動作する光スイッチ（領域11の光はオフとし、領域111の光をオンとする）を構成できる。

【0041】光の波長の意味は一例として示したもので、注入電流を適当に制御することで、領域1をオフに領域11をオンに領域111を信号光にと割り当てすることもできる。組み合わせなので、この場合は6（3!）通りになる。

【0042】また、第2の実施例の様に複数の波長に対応した構成の場合、より高度な制御も可能となる。例えば、第2の実施例の様なデバイスを図4のような構成にした場合について考える。第2の実施例の説明で述べた様に、この構成では5通りの状態を区別できる。

【0043】動作例を図10を用いて説明する。本デバイスをスイッチさせるための波長を、840nmと855nmと848nmの3つの波長に選ぶ。入力側の一般増幅領域1は、図10の状態1の利得分散特性を持つように注入電流を設定しておく。この状態で、例えば、855nmの光が入力されたら、出力側の一般増幅領域2に、状態1の利得分散特性をもつように電流注入を行なう。そして、848nmの光が入力されたら一般増幅領域2を状態2にし、840nmの光が入力されたら一般増幅領域2への電流注入を停止するように、制御回路23を設定しておく。仮に、通信等に用いている波長が図10の領域1と11に分布しているとする、外からの光信号を用いて、所望の波長域の光を通過させることが可能である。

【0044】

【実施例4】図11は、本実施例の特徴を最もよく表わす図面である。図12は、図11のA-A'面での断面図である。基本的構造は第1の実施例と同じであるが、以下にその構造を説明する。同図において、31は例えばn型GaAsから構成される半導体基板、32は例えばn型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asから構成される第1クラッド層、33は例えばノンドープGaAsからなる活性層、34は例えばP型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asからなる第2クラッド層、35は例えばp-GaAsからなるキャップ層、36は例えばp-Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる第1埋め込み層、37は例えばn-Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる第2埋め込み層、38は例えば金とゲルマニウムの合金からなる第1電極、39、40は例えば金とクロムの合金からなる第2電極および第3電極、41は半導体光増幅素子の入出力端面に形成された例えばZrO₂からなる反射防止膜、42、43は注入電流、44は第1電極38と第3電極40間の電圧、45は第1電極38と第2電極39により電流を流す部分（以後、領域1とする）と第1電極38と第3電極40により電流を流す

部分（以後、領域ⅠⅠ）とを電氣的に分離するために設けた溝である。

【0045】本実施例の典型的な寸法を記述しておく。第1クラッド層32は厚さ1.5 μm 、活性層33は厚さ0.1 μm 、第2クラッド層34は厚さ1.5 μm 、キャップ層35は厚さ0.5 μm 、活性層33の幅は約1.5 μm 、領域Ⅰの長さが約200 μm 、領域ⅠⅠの長さが約50 μm 、分離溝45が約50 μm である。

【0046】このような構造の半導体増幅素子は、既存の結晶成長法であるMBE（分子線エビタキシー）成長法、MOCVD（有機金属気相成長）法、LPE（液相エビタキシャル）成長法を用いて作った元ウェハ（半導体基板上に薄膜が積層されたもの）に、フォトリソグラフィ、ドライエッチング、蒸着などの既存の加工法によって、容易に作製することができる。

【0047】次に本実施例の動作について説明する。最初に図11、図12で示される半導体光増幅素子の動作について述べる。例えば図12において、左側より活性層33、第1クラッド層32、第2クラッド層34、埋め込み層36、37により構成される導波路ヘレンズ等の結合手段を用いて、光信号が入力されると、注入電流 I_{042} により形成された領域Ⅰの増幅部分により増幅されながら進行し、領域ⅠⅠの活性領域（注入電流 I_{042} により反転分布が形成されている）へと進みさら更に増幅作用をうけて、領域ⅠⅠ側の端面から出力される。

【0048】基本的な動作は、上述のようになっていく。ここで、領域Ⅰへ流す電流 I_{042} と、領域ⅠⅠへ流す電流 I_{043} を調整することにより、図13に示される様な、利得分散特性を持つ様にすることができる。つまり、領域ⅠⅠの利得特性が、そのピーク値でも半値幅でも領域Ⅰよりも小さく、しかも狭く設定できる。本実施例の場合、活性層がバルク結晶から構成されている例を用いているので注入電流密度を領域Ⅰより領域ⅠⅠで小さくすればこの状況が達成できる。この様な状況で、本実施例の半導体光増幅素子に光信号を入力すると、領域Ⅰで増幅作用を受け、光量が大きくなった光信号が領域ⅠⅠへ入力し、領域ⅠⅠの活性層中のキャリアを再結合させる。このとき、領域ⅠⅠの注入電流密度が小さいので、増幅された光信号によりキャリアの再結合が起き、検出電圧 V_{044} が変化する。この時に、領域ⅠとⅠⅠへの注入電流密度は同じ量であってもよいが、差をつけることにより、電圧の変化を大きくすることができる。

【0049】次に、本実施例を従来例に示したAPC動作させる場合の構成を図14に示した。図14で、46は入力光、47は出力光、48は制御回路、49は本発明の半導体光増幅素子、50は領域Ⅰへの注入電流 I_{042} を流す電源、51は領域ⅠⅠへの注入電流 I_{043} を流す電源、52は制御回路48からの、電源50が流す電流 I_{042} の量を調整するための制御信号、53は同様に電流 I_{043} の量を調整するための制御信号であ

る。

【0050】入力光46は、通信したいデジタル信号に加えて、デジタル信号の周波数より大幅にゆっくりした正弦波変調で、0のレベルを変調しておく。この様にすることにより、制御回路48は、検出電圧 V_{044} から、この正弦波成分だけを分離することにより、領域ⅠⅠの電圧変化を知ることができる。この電圧変化は領域ⅠⅠへどの程度の強度の光がきているかを判断できる量となる。つまり、強い光が入力されれば、電圧変化は大きいのである。従って、この電圧変化を或る一定の値にする様に領域Ⅰへ流す電流 I_{042} の量を調整すべく、制御回路48は、制御信号53を電源50へ送ることにより、APC動作が可能となる。本実施例では、基調となる半導体レーザ構造として、埋め込み構造で活性層がバルク活性から構成されたものを用いて説明した。しかし、導波構造は、この構造に限定されたものではなく、リッジ構造、ストライプ構造、SCH構造、GRIN-SCH構造など、従来の半導体レーザに用いられている様な構成でも実施することが可能である。また、活性領域も、多重量子井戸（MQW）構造、単一量子井戸構造、量子細線、量子箱なども用いることができる。

【0051】また、本実施例では、両端面に反射防止膜が形成された構造、いわゆる進行波型光増幅器として説明したが、両端面に、反射防止膜が形成されていないものでも構わない。

【0052】

【実施例5】図15に、本発明の第5の実施例を示した。図15は第4の実施例の図12に対応する図である。図15において第4の実施例と同一部材は同じ番号をつけてある。

【0053】本実施例の典型的な寸法を記述しておく。第1クラッド層32は厚さ1.5 μm 、活性層33は厚さ0.1 μm 、第2クラッド層34は厚さ1.5 μm 、キャップ層35は厚さ0.5 μm 、活性層33の幅は約1.5 μm 、領域Ⅰ-1とⅠ-2の長さがそれぞれ約100 μm 、領域ⅠⅠの長さが約50 μm 、分離溝45が約50 μm である。

【0054】第4の実施例との違いは、第4の実施例の領域ⅠⅠを半導体光増幅素子の中央部に配置した部分である。この様にしたことにより、第4の実施例の領域Ⅰが2つに分離されたので、それぞれを領域Ⅰ-1と領域Ⅰ-2とした。更に、各領域Ⅰ-1、Ⅰ-2へ注入する電流は、 I_{041} と I_{042} の2つに分けて示した。

【0055】図15の構成によって、双方向光増幅動作への対応が容易となる。注入電流 I_{041} 、 I_{042} 、 I_{043} は、領域Ⅰ-1、領域Ⅰ-2が図3の一般増幅領域の利得分散特性になる様に、領域ⅠⅠが、図3の波長検出領域の利得分散特性になる様に電流を注入し

ておく。この状態で、図15の左側から光信号を入力すると、これは領域1-1で増幅され、領域11で両端電圧 V_{D44} に変化を与え、更に進行して領域1-2で増幅作用を受けて出力される。また、逆に右側から入力された光は、領域1-2で増幅され、領域11で増幅されつつ両端電圧 V_{D44} に変化を与え、領域1-1で再び増幅されて出力される。この様に構成することによって、双方向で進行する光が増幅されたあとに、領域11で光の強度を電圧変化として検知することができる。この電圧変化をもとに、図14に示した様な制御回路48

【0056】

【実施例6】図16に本発明の第6の実施例を示した。図16は図11の実施例の図12に相当する図面である。図12と同一部材には同一番号をつけてある。この実施例では、入出力部分に光強度による電圧変化を検知する部分(領域11-1と11-2)を設けてある。第4の実施例では1つであった領域11が2つに分割されているので、第4の実施例では電流 I_{D43} で示されていた電流と検出電圧 V_{D44} は、領域11-1と11-2

【0057】本実施例の典型的な寸法を記述しておく。第1クラッド層32は厚さ $1.5\mu\text{m}$ 、活性層33は厚さ $0.1\mu\text{m}$ 、第2クラッド層34は厚さ $1.5\mu\text{m}$ 、キャップ層35は厚さ $0.5\mu\text{m}$ 、活性層33の幅は約 $1.5\mu\text{m}$ 、領域1の長さが約 $200\mu\text{m}$ 、領域11-1、11-2の長さが約 $50\mu\text{m}$ 、分離溝45が約 $50\mu\text{m}$ である。

【0058】図17には、双方向光増幅時の構成例を示した。この図は、第4の実施例の図14に対応する図面である。図17において、54は、図16に示される半導体光増幅素子、161は図17において左側より光増幅素子54に入力される入力光、162は右側より入力される入力光、171は入力光161が増幅されて出力される出力光、172は入力光162に対応する出力光、65、66、67はそれぞれ領域11-1、領域1、領域11-2へ注入電流 I_{D143} 、 I_{A42} 、 I_{D2144} を流すための電源、58は検出電圧 V_{D1145} 、 V_{D2146} を入力として、領域1へ流す電流 I_{A42} を調整するように電源66へ制御信号を送る制御回路である。

【0059】次に動作について説明する。最初に、片方向動作について述べる。信号の変調形態は第4の実施例と同様とした。例として、入力光161が増幅されて出力光171が出力される場合について説明する。

【0060】入力光161は半導体光増幅素子54へ入力されると、領域11-1で増幅を受け、続いて領域1で増幅され、さらに領域11-2で増幅されつつ、検出

電圧 V_{D2146} に変化を与えて、出力光171となる。このとき、検出電圧 V_{D2146} の変化を制御回路58で監視し、所望の電圧変化量になるように制御信号を電源66へ与えて注入電流 I_{A42} を調整する。逆方向に増幅する時は、領域11-1に発生する電圧変化をもとに、注入電流 I_{A42} を制御回路58で制御する。

【0061】次に、双方向増幅時について説明する。双方向増幅時には前述の片方向動作が同時に起こる。したがって、領域11-1と領域11-2で検出電圧 V_{D1145} 、 V_{D2146} に電圧変化が生じる。仮に、半導体光増幅素子54に入力光161と入力光162が同じ効率で入力したとすると検出電圧 V_{D1145} と V_{D2146} は同じだけ変化することになる。

【0062】一般的な使用状況では、入力光161と入力光162が同一の強度であることは稀であると考えられるうえに、それぞれの入力光が半導体光増幅素子54へ入力される時の結合効率を同じにすることも困難である。したがって、双方向増幅時には、検出電圧 V_{D1145} と V_{D2146} が異なった大きさの電圧変化をすることになる。この時の双方向に対するAPC動作は、従来の光アンプと同様に難しいことなので、特に本発明だけの欠点ではない。

【0063】本実施例の場合、入力部と出力部に電圧を検出する領域があるのでAPC動作に加えて、AGC(増幅率を一定にしておく様に制御する)動作も可能となる。例えば、図16の左側から光が入力して、右へと出力される場合、入力光による電圧変化 V_{D1145} と増幅された光による電圧変化 V_{D2146} を得ることが可能となり、 V_{D1}/V_{D2} の値を一定になるように注入電流 I_{A42} を制御することでAGC動作が実行できる。

【0064】このようなAGC動作は、片方向の時に有効なことはもちろんのこと、双方向動作時にも、それぞれの方向によって変調周波数(前にも述べたように、デジタル信号に重ねられている正弦波信号の周波数)を異ならせておき、一方の変調信号のみを検出することにより、同じ方法によってAGC動作を行うことができる。

【0065】前にも述べた様に、図16、17の構成だけでは、双方向の動作に対するAPC動作は難しいが図18のように構成調整することにより、APC動作が可能となる。

【0066】図18で、図17と同一部材は同一番号をつけてあるので説明は省く。同図において、101は制御回路、102は先球光ファイバ、103は先球光ファイバ102を上下左右前後に微調する機構で例えばピエゾ素子で動作するXYZ調整機構である。調整にあたっては、入力光1(104)と入力光2(105)が同じ光量である様に行なうと容易に行なえる。

【0067】このような状態で、双方向から光を入力して、この光による電圧変化 V_{D1145} と V_{D2146} を制

御回路101は検出する。検出した結果 $V_{D1} \neq V_{D2}$ の場合、両端面での入力結合効率が異なることを示している。どちらか一方の先球光ファイバ102を調整するためのXYZ微調機構103への制御信号を送出して、 $V_{D1} = V_{D2}$ となるように調整する。また、入力光1(104)と入力光2(105)の強度が異なる場合は、増幅率を考慮して、XYZ調整機構103を制御する。

【0068】この様に、本実施例(図16)から得られる情報を用いることにより、より高度な制御が可能となり、安定した光増幅動作を実現することができる。

【0069】

【実施例7】図19~21は、本発明の第7の実施例を示す図面である。図20は、図19のB-B'で切断した時の断面構成を示した図、図21は図19のA-A'での切断面の構成を示している。図19~21において、71は例えばn型GaAsからなる半導体基板、72は例えばn型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなる第1クラッド層、73は例えばノンドープのGaAsからなる第1活性層、74は例えばノンドープのAl_{0.02}Ga_{0.98}Asからなる第2活性層、75は例えばp型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asからなる第2クラッド層、76は例えばp型GaAsからなるキャップ層、77は例えば金とゲルマニウムの合金からなる第1電極、78は例えば金とクロムの合金からなる第2電極、79は例えば金とクロムからなる第3電極、80は端面に形成されている例えばZrO₂から形成される反射防止膜、81は例えばSi₃N₄からなる絶縁膜、82は第1電極77と第2電極78に挟まれた第1活性層73へ注入している注入電流I_a、83は第1電極77と第3電極79とに挟まれた第2活性層74へ注入している注入電流I_b、84は第1電極77と第3電極79の間に生じている検出電圧V_D、85は第1電極77と第2電極78に挟まれた領域(以下、領域Iとよぶ)と第1電極77と第3電極79に挟まれた領域(以下、領域IIとよぶ)の間での電氣的干渉を低減させるために、キャップ層76から第2クラッド層75の途中に到る分離溝である。

【0070】上記説明では、各部を構成する部材の例を示してあるが、その寸法を示していないので、次に寸法の例を示しておく。

【0071】第1クラッド層72は厚さ1.5μm、第1活性層73は厚さ0.1μm、第2活性層74は厚さ0.1μm、第2クラッド層75は厚さ1.5μm、キャップ層76は厚さ0.5μm、領域Iの長さが約200μm、領域IIの長さが約50μm、分離溝85の長さが約50μmである。また、図19、20からわかるように、本実施例ではリッジ導波路構造を用いている。このリッジ構造の部分の寸法は、例えば、リッジ幅2μm、リッジの高さが約1.8μmとして、導波路の横モードが単一モードになるように構成した。

【0072】次に、本実施例の動作について説明する。

光の挙動を説明する前に、注入電流の設定について述べる。領域IとIIでは活性層を構成する結晶のバンドギャップエネルギーが異なるので、適当な注入電流量で図22に示すような利得の波長分散特性を示すようにすることができる。つまり、領域Iの利得ピーク波長が領域IIの利得ピーク波長より長波長側の波長域にすることができる。これは、電圧検出領域である領域IIのバンドギャップエネルギーを領域Iのそれより大きくしておくことで達成される。

【0073】光が本実施例の半導体光増幅素子へ入力された場合の基本的な動作は、第4の実施例と同じである。つまり、領域I側の端面から入力された光信号が、第1活性層73で増幅されながら進行し、領域IIへ入る。領域IIでは増幅されながら、検出電圧V_D84に変化を生じさせ、領域II側の端面から出力される。従って、第4の実施例の図14に示すように、制御回路にこの検出電圧V_D84の変化にしたがって、注入電流I_a82の量を調整する機能をもたせておけば、APC動作を達成することができる。この時、第4の実施例と同様に、光信号(例えばデジタル信号)を、伝送している信号のビットレートより十分ゆるやかな正弦波信号で変調しておくことにより簡単にしかも安定して、検出電圧V_D84の電圧変化を検出することができる。

【0074】次に、本実施例のように領域IとIIの活性層のバンドギャップエネルギーを異ならしておくことの効果について述べる。活性領域中を光が進行して、増幅作用を受けるとき、キャリアが再結合して電圧変化が生じる。この時、バンド端に近い光の方が、消費したキャリアを高エネルギー側のキャリアで素早く補なえる。したがって、バンド端に近いエネルギーを持つ光に対するものの方が飽和出力が大きくなる。このことは、バンド端に近いエネルギーを持つ光(長波長側の光)の方が、光に対してより強い電圧変化を与えることができることを意味する。別の言い方をすれば、同じ注入キャリア密度により同じ構成からなる活性層に生じる電圧変化の最大値には、波長依存性があり、長波長側の光がより大きい電圧変化を与える。

【0075】したがって、本実施例は、第4の実施例と比べると、より高増幅動作時に、線形性のよい電圧変化を与えることができAPC動作をできる特徴がある。

【0076】なお、本実施例は、リッジ導波路を用いた構成で説明したが、導波構造は、この型に限定されるものではなく、前記実施例と同様に、埋め込み導波路、ストライプ構造、SCH構造、GRIN-SCH構造など従来の半導体レーザに用いられているどのような構成でも実施することができる。また、活性領域も、この実施例で用いたバルク結晶によるものだけでなく、MQW、SQW、量子箱、量子細線を用いることができる。

【0077】また、第5、第6の実施例が第4の実施例の変形であるから、本実施例も、第5、第6の実施例の

10

20

30

40

50

構成で用いることで、第5、第6の実施例の特徴に加えて、本実施例の特徴を持つ半導体光増幅素子にすることができる。

【0078】以上の第4から第7の実施例でも、GaAs系材料を用いて構成したものを用いて説明したが、材料はGaAsに限られるものではなく、InP系の材料など半導体レーザを構成できるものであれば、どのような材料でも実施することが可能である。また、実施例中では複数の電極を分離する方法として、スリット形態のものを用いているが、この方法だけに限られたものではなく、イオン注入などの方法により高抵抗領域を形成することによっても実施可能である。

【0079】

【実施例8】図23に、実施例に示した半導体光増幅素子を光伝送システムに適用した場合を示す。図23において、501は光送信機、502は本発明の半導体光増幅素子が内蔵されている半導体光増幅装置、503は光受信機、504は光ファイバである。

【0080】光送信機501は図30に示されるように構成される。図30において、522は送信用の半導体レーザ、523は本発明の半導体光増幅素子、524は制御回路である。半導体レーザ522と半導体光増幅素子523には注入電流を流す電源が必要であるが、ここでは制御回路524中に含めた。

【0081】ここで、制御回路524は、端末装置からの信号を半導体レーザ522へ送り、ここで光信号を発生し、そして半導体光増幅素子523をAPC動作させるための制御を行う。半導体レーザ522から入力された光信号は、半導体光増幅素子523により増幅され、光ファイバ504へ入力される。この場合、半導体光増幅素子523は、いわゆるブースターアンプとして用いられている。このアンプは光伝送システム全体との整合をとって用いればよく、図30に示したように、1つ用いてもよいし、2つ以上を用いてもよく、また、使用しなくても光送信機501として機能することは言うまでもない。

【0082】光受信機503は図31に示されるような構成である。図31において、523は本発明の半導体光増幅素子、525は制御回路、526は光検出器である。光ファイバ504から入力された光信号は、半導体光増幅素子523でAPC増幅され、光検出器526で電気信号に変換される。制御回路525は、半導体光増幅素子523のAPC動作の制御を行うとともに、光検出器526から得られた電気信号を整形し、所望の端末装置へと送信する。図31に示される光受信機503には、1つの半導体増幅素子523がいわゆる前置増幅器として用いられている。この前置増幅器は、2つ以上の複数個用いられていても、また、1つも用いられていなくても、光受信機503として機能する。

【0083】半導体光増幅装置502は、本発明の半導

体光増幅素子を用いて、例えば図29のように構成することができる。図29において、518は先球ファイバ、520は制御回路、521は本発明の半導体光増幅素子である。制御回路520は、前記実施例の制御回路と電源を含めた形で示してあり、APC増幅の制御を行う。

【0084】光ファイバ504からの光信号は、先球ファイバ518を通して、半導体光増幅素子521の導波路へ結合される。導波路へ入力された光信号は、APC増幅され、出力光が再び先球ファイバ518へ出力され、伝送路の光ファイバ504へつながる。ここで、先球ファイバ518を用いたのは、高効率に、光ファイバ504からの光を半導体光増幅素子521の導波路へ、また、導波路からの出力光を光ファイバ504へと結合するためである。もちろん、この様に結合を高める方法は他にもあり、レンズを用いてもよい。また、結合効率は低下するが、ファイバ端が先球化されていなくても、半導体光増幅装置502としては十分機能する。

【0085】次に、図23で示される光伝送システムの動作について説明する。光送信機501に1つの端末装置が接続されている場合、つまり、1対1あるいは1対N（Nは任意の整数）間での端末装置の片方向通信の場合、通信方式としては、どのようなものでもよく、垂れ流的に信号を送ればよい（無手順、非周期）。また、N対Nの片方向通信の場合、例えば時分割方式（TDM A）のように、1つの伝送路を時間で区切って複数の伝送路を提供できる通信方式を用いればよい。この時、光受信機503の中の制御回路525は、受信した信号から宛て先情報を判断して、所望の端末装置へ信号を送り出す機能が必要である。また、光送信機501中の制御回路524には、複数の端末装置から受けとった信号に相手先を示す宛て先用の信号をつけて、通信方式にしたがって半導体レーザ522を駆動する。

【0086】

【実施例9】図24に、実施例に示した半導体光増幅素子を、双方向光伝送システムに用いた場合を示した。図24において、505は光送受信機、502は図23と同じ構成の半導体光増幅装置、504は光ファイバである。

【0087】光送受信機505は、例えば第8の実施例の光送信機501および光受信機503が1つになった構成をもっている。つまり、光送信機501の出力と、光受信機503の入力が光分岐合流素子で1つにされている。この光送受信機505中の光送信機の部分と光受信機の部分は第8の実施例で説明したので、ここでは説明を省く。また、半導体光増幅装置502も第8の実施例と同一のものであるので、ここでは説明を省く。通信方式も、第8の実施例のものがそれぞれの方向に適用できる。

【0088】

【実施例 10】図 25 に、実施例に示した半導体光増幅素子を片方向 N 対 N 波長多重伝送システムに用いた場合を示す。図 25 において、506 は光送信機（#1 ~ #N）、508 は光合流素子、509 は光分岐素子、507 は光受信機（#1 ~ #N）である。また、他の実施例と同一部材は、同一番号をつけてある（光ファイバ 504、半導体光増幅装置 502）。光送信機 #1 ~ #N、506-（1）~（N）は、図 30 に示される構成を持っていて、各々で半導体レーザ 522 の発振波長が異なっている（図 30 そのものの説明は第 8 の実施例でしたのでここでは省略する）。

【0089】光受信機 #1 ~ #N、507-（1）~（N）は、例えば図 32 に示される構成となっている。図 32 において、526 は光検出器、527 は制御回路、528 は光バンドパスフィルタ、523 は本発明の半導体光増幅素子（ここでは前置増幅器として用いている）である。

【0090】光バンドパスフィルタ 528 は、それが含まれている光受信機 #K に対応する光送信機 #K の波長だけを通すように調整されている。この様により、光送信機 #i、506-（i）から、光受信機 #i、507-（i）への伝送路（1 つの伝送路光ファイバ 504 と半導体光増幅装置 502 で形成されている）中を複数の波長の光が通り、等価的に複数の伝送路が形成されることになる。光送信機 #i、506-（i）から光受信機 #i、507-（i）へと構成される 1 つの波長の伝送路の伝送方式は、第 8 の実施例と同じなのでここでは省略する。

【0091】また、図 25 において、光分岐素子 509 を光分岐素子にすることによって、光受信機 507 中の光バンドパスフィルタ 528 は不要となる。

【0092】

【実施例 11】図 26 に、実施例に示した半導体光増幅素子をループ型光 LAN に用いた場合を示している。

【0093】図 26 において、511 は再生中継機、512 は制御局、513 は端末装置、504 は光ファイバ、502 は半導体光増幅装置（第 8 の実施例で説明）である。ループ型 LAN の動作としては、従来用いられている方式、例えばトークンリング方式を用いることができる。

【0094】この例では、再生中継機 511 間に、ブースターアンプとして本発明の半導体光増幅素子を用いた半導体光増幅装置 502 を用いることにより、再生中継機 511-（i）から送られる光信号を、常に一定のパワーで受信することが可能となる。

【0095】また、再生中継機 511 は、一般に光検出器（O/E 変換器）、半導体レーザ（E/O 変換器）、電気の再生中継機から構成されるが、この再生中継機にも、本発明の半導体光増幅素子を、光検出器前に設置する前置増幅器として、また、半導体レーザのブースター

アンプとして用いることも可能である。中継機 511 内で本発明の半導体光増幅素子を APC 動作で用いることにより、光検出器への入力パワーや中継機からの出力パワーを、使用しないときより安定にすることが可能となる。また、再生中継機 511 間の半導体光増幅装置 502 は、1 つの場合を示したが必要に応じて 2 つ以上の複数個にすることができる。

【0096】

【実施例 12】図 27 に、実施例に示した半導体光増幅素子をバス型光 LAN に用いた場合を示した。

【0097】図 27 において、514 は光分岐合流素子、515 は光トランシーバー、516 は端末装置、502 は半導体光増幅装置（第 8 の実施例で説明済み）、504 は光ファイバである。光トランシーバー 515 は、例えば図 33 のような構成になっている。図 33 において、529 は制御回路、530 は半導体レーザ、532 は光検出器、533 は光分岐合流素子、523 は本発明の半導体光増幅素子である。

【0098】バス型光 LAN の部分は、例えば、CSMA/CD 方式の通信方式を用いる。もちろん、他のトークンバス、TDMA などの通信方式でもかまわない。

【0099】端末装置 516 からの通信要求は光トランシーバー 515 へ送られ、光トランシーバー 515 中の制御回路 529 は、光 LAN の通信方式にしたがって、半導体レーザ 530 を駆動し、光パルス（光デジタル信号）を送信する。送信された光信号は、半導体光増幅素子 523 で APC 増幅され、光分岐合流素子 533 を介して、光分岐合流素子 514 へ送られ、バスライン上へ信号を送り出す。バスライン上には適当なところに半導体光増幅装置 502 があり、光信号を APC 増幅する。一方、受信の過程は、バスライン上を伝送される光信号が、光分岐合流素子 514 で分岐され、光トランシーバー 515 へ入力される。光トランシーバー 515 へ入力された光信号は、光分岐合流素子 533 で分岐され、半導体光増幅素子 523 を通して APC 増幅され、光検出器 532 で受信され電気信号に変換される。この電気信号は制御回路 529 で整形再生などを受け、端末装置 516 へ送られる。

【0100】本実施例では、光トランシーバー 515 中で、本発明の半導体光増幅素子 523 を、ブースターアンプおよび前置増幅器として用いているが、これらは、複数個から構成されていてもよく、また、なくてもよい。更に、バスライン上の半導体光増幅装置 502 は、光分岐合流素子 514 の間に必ず少なくとも 1 つ設置されていてよいし、また、飛び飛びに設置されていてよい。

【0101】

【実施例 13】図 28 に第 12 の実施例のバスライン上の光分岐合流素子 514 のかわりに、増幅機能を有する光増幅素子内蔵光分岐素子 517 を設置した場合を示し

10

20

30

40

50

た。

【0102】光増幅素子内蔵光分岐素子517は、例えば図34に示す構成で実現できる。図34に示すように、光分岐合流素子534の入力出力部分（3ヶ所）に、本発明の半導体光増幅素子523を設けてある。伝送方法は、第12の実施例と同じであるので、ここでは省略する。

【0103】また、本実施例では、バスライン上の光増幅素子内蔵光分岐素子517の間に、半導体光増幅装置502を必要に応じて設置してもよい。

【0104】以上、実施例8～13で実施例4～7に示した半導体光増幅素子を光通信システムに適用した例を示したが、適用できる光通信システムは、この実施例だけに限られるものではなく、光を情報の伝達媒体としている光通信システムで前記実施例に示したような使用法で 사용할ことが可能である。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、半導体光増幅素子において、増幅時に生ずる電圧変化が大きい部分を他の部分と分離することにより、従来より、大きな電圧変化として電圧変化を検知できる効果がある。従って、より容易にAPC動作の制御ができるようになった。

【0106】また、狭い波長範囲で利得を持つ活性領域と、広い波長範囲で利得を持つ活性領域から活性層を構成し、前者の活性領域の光増幅時の電圧変化を検知することにより、増幅している光の波長の中に、特定の波長の光が存在するかどうかを知ることができる。従って、光信号に損失を与えなく、光学部品の数を増やさなくてよく、従来と同様の光学系で、増幅光の波長域を知ることができる効果がある。

【0107】その他、増幅光の様子を電圧変化で検知して、これを種々の制御に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の特徴をあらわす斜視図。

【図2】図1のA-A'断面図。

【図3】図1の半導体光増幅素子の動作を説明する図。

【図4】図1に示す半導体光増幅素子の変形例を示す断面図。

【図5】図1に示す半導体光増幅素子の他の変形例の動作を説明する図。

【図6】本発明の第2の実施例を示す断面図。

【図7】図6の半導体光増幅素子の動作を説明するための図。

【図8】第2の実施例の検出電圧の波長依存性をまとめた表。

【図9】本発明の第3の実施例を示す図。

【図10】第3の実施例の使用例の状態を説明するための図。

【図11】本発明の第4の実施例の特徴をあらわす斜視

図。

【図12】図11のA-A'断面図。

【図13】図11の半導体光増幅素子の動作を説明する図。

【図14】図11に示す半導体光増幅素子の使用例の状態を説明するための図。

【図15】本発明の第5の実施例を示す断面図。

【図16】本発明の第6の実施例を示す断面図。

【図17】図16の半導体光増幅素子の使用例の状態を説明するための図。

【図18】図16の半導体光増幅素子の他の使用例の状態を説明するための図。

【図19】本発明の第7の実施例の特徴をあらわす斜視図。

【図20】図19のB-B'断面図。

【図21】図19のA-A'断面図。

【図22】図19の半導体光増幅素子の動作を説明する図。

【図23】光半導体素子を光伝送システムに適用した第8の実施例を説明するための図。

【図24】光半導体素子を双方向光伝送システムに適用した第9の実施例を説明するための図。

【図25】光半導体素子を双方向N対N波長多重伝送システムに適用した第10の実施例を説明するための図。

【図26】光半導体素子をループ型光LANに適用した第11の実施例を説明するための図。

【図27】光半導体素子をバス型光LANに適用した第12の実施例を説明するための図。

【図28】光半導体素子を他のバス型光LANに適用した第13の実施例を説明するための図。

【図29】光伝送システムで用いられる半導体光増幅装置の構成を示す図。

【図30】光伝送システムで用いられる光送信機の構成を示す図。

【図31】双方向光伝送システムで用いられる光受信機の構成を示す図。

【図32】双方向N対N波長多重伝送システムで用いられる光受信機の構成を示す図。

【図33】バス型光LANで用いられる光トランシーバの構成を示す図。

【図34】バス型光LANで用いられる半導体増幅素子内蔵光分岐合流素子の構成を示す図。

【図35】半導体光増幅素子のAPC増幅動作の従来例を説明する図。

1, 31, 71

基板

2, 4, 32, 34, 72, 75

クラ

ッド層

3a, 3b, 3c, 33, 73, 74

活性層

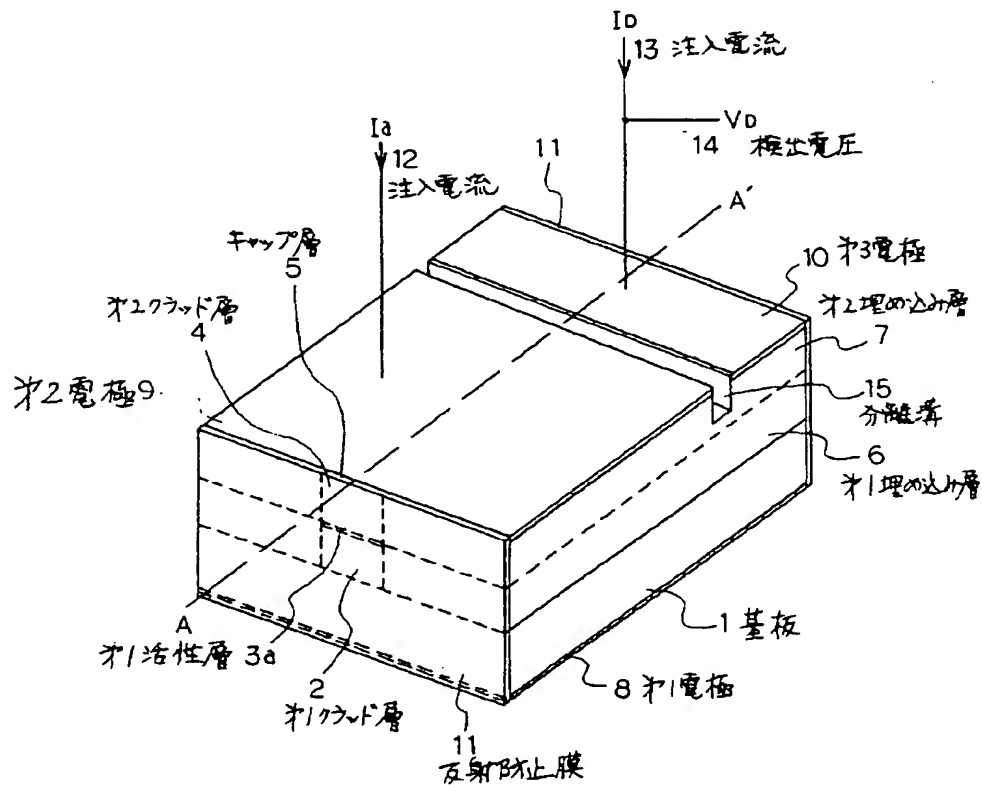
5, 35

キャップ層

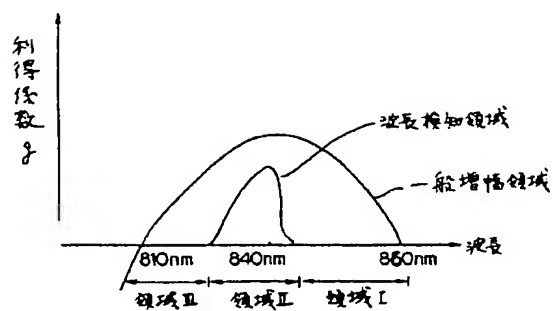
6, 7, 36, 37 埋め込み層
 8, 9, 10, 10b, 10c, 38, 39, 40, 7
 7, 78, 79電極
 11, 41, 80 反射防止膜
 12, 13, 42, 43, 82, 83, 121, 12
 2, 131, 132, 141, 142, 143, 144
 注入電流
 14, 44, 84, 145, 146, 151, 152,
 検出電圧
 15, 45, 85 分離溝
 20, 49, 54, 521, 523 半
 導体光増幅素子
 21, 46, 104, 105, 161, 162
 入力光
 22, 47, 171, 172 出力光
 23, 48, 58, 101, 520, 524, 525,
 527, 529制御回路
 24, 25, 26, 50, 51, 65, 66, 67
 電源
 52, 53, 54 制御信号

81 絶縁膜
 102, 518 先球光ファイバ
 103 XYZ調整機構
 501, 506 光送信機
 502 半導体光増幅装置
 503, 507 光受信機
 504 光ファイバ
 505 光送受信機
 508 光合流素子
 509 光分岐素子
 511 再生中継機
 512 制御局
 513, 516 端末装置
 514, 533, 534 光分岐合流素子
 515 光トランシーバ
 517 光増幅素子内蔵光分岐素子
 522, 530 半導体レーザ
 526, 532 光検出器
 528 光バンドパスフィルタ

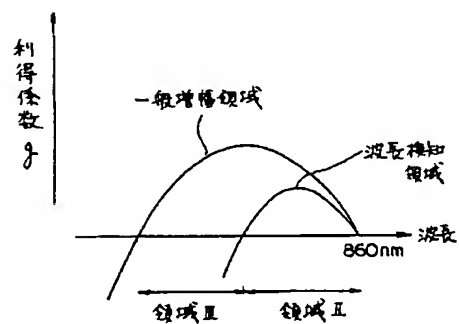
【図1】



【図 3】



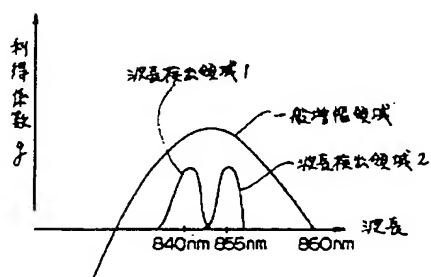
【圖 5】



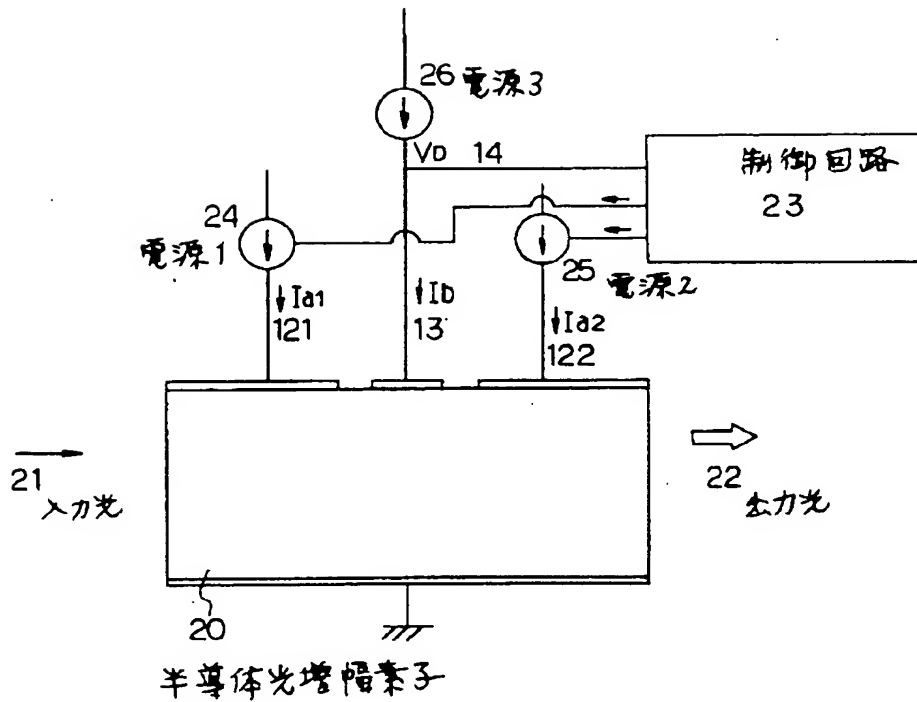
【图 8】

| 波長 | 835nm 以下 | 835 - 845 | 845 - 850 | 850 - 860 | 860nm 以上 |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| V01 | + | - | 0 | 0 | 0 |
| V02 | + | + | + | - | 0 |

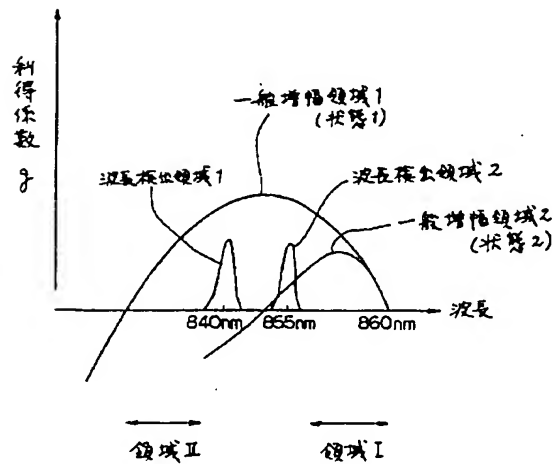
【圖 7】



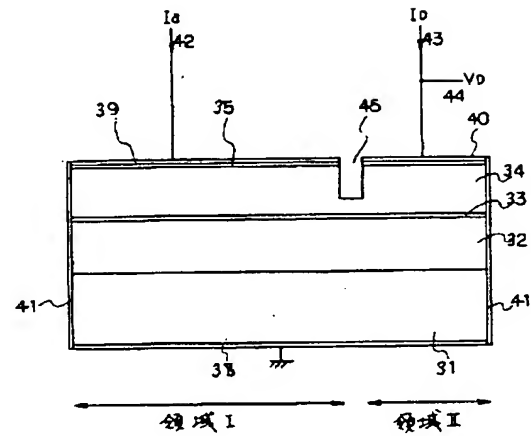
【図9】



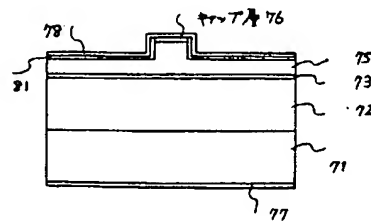
【図10】



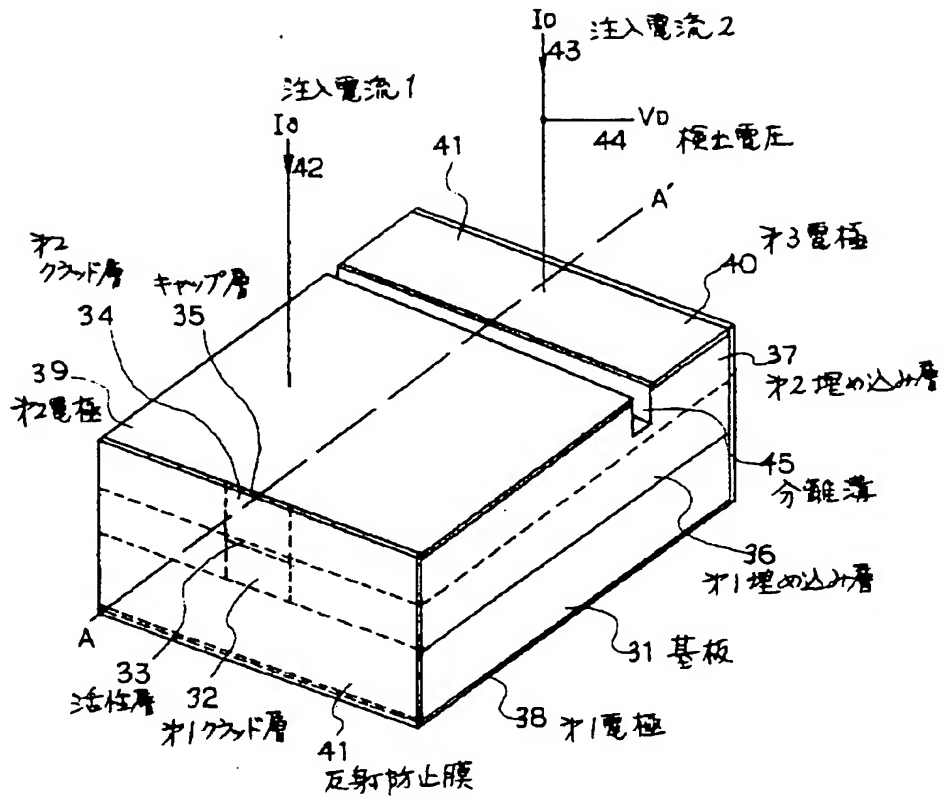
【図12】



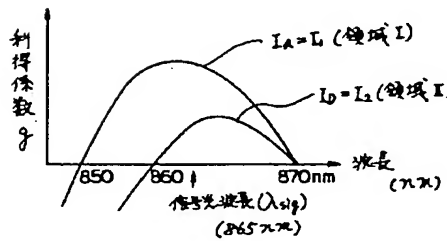
【図20】



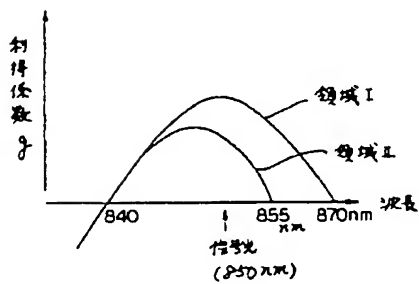
【図11】



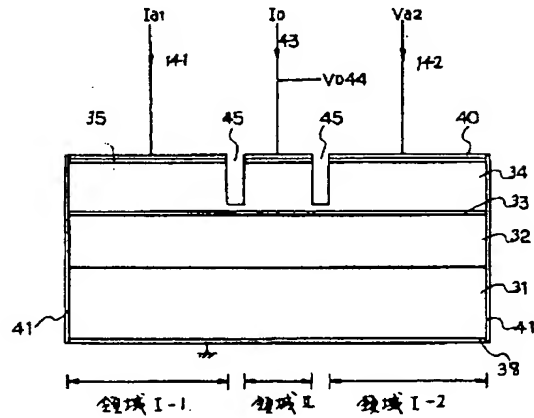
【図13】



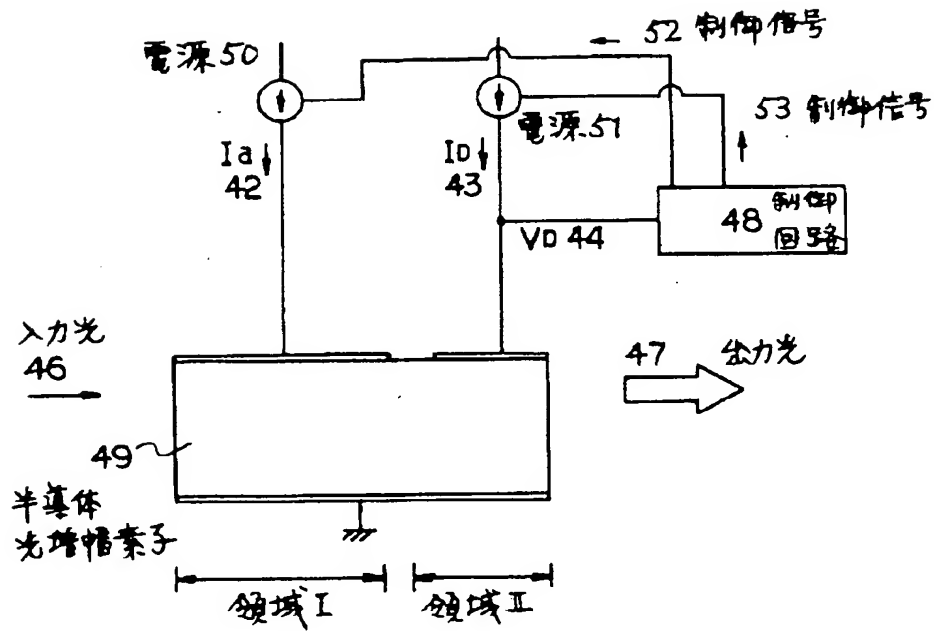
【図22】



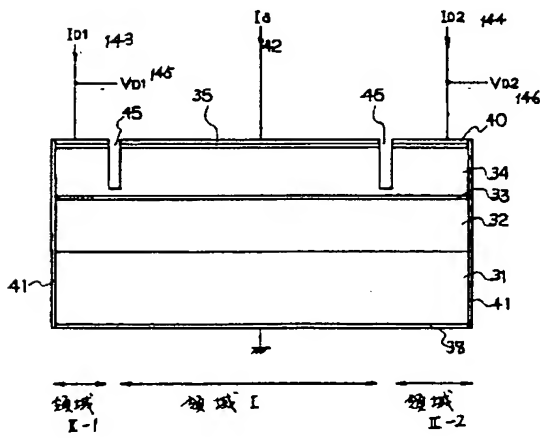
【図15】



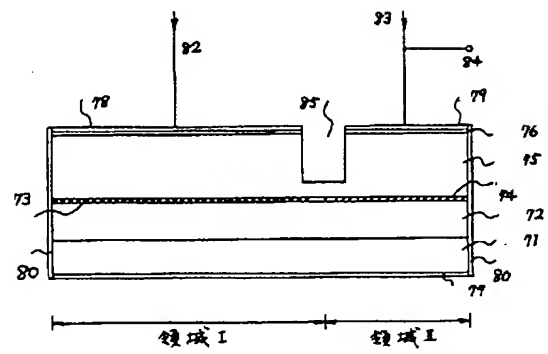
【図14】



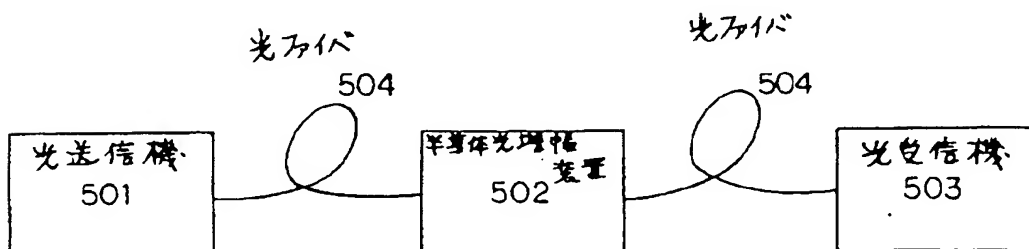
【図16】



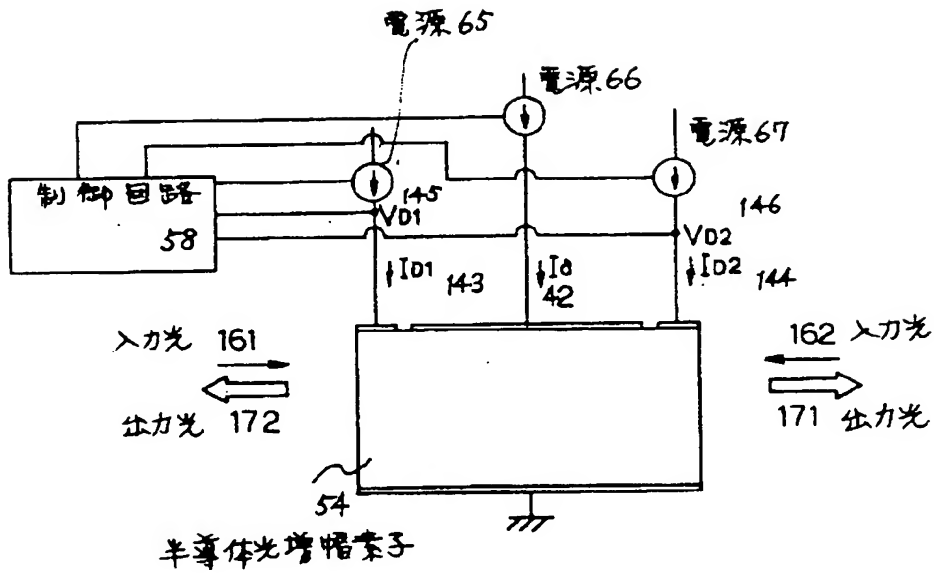
【図21】



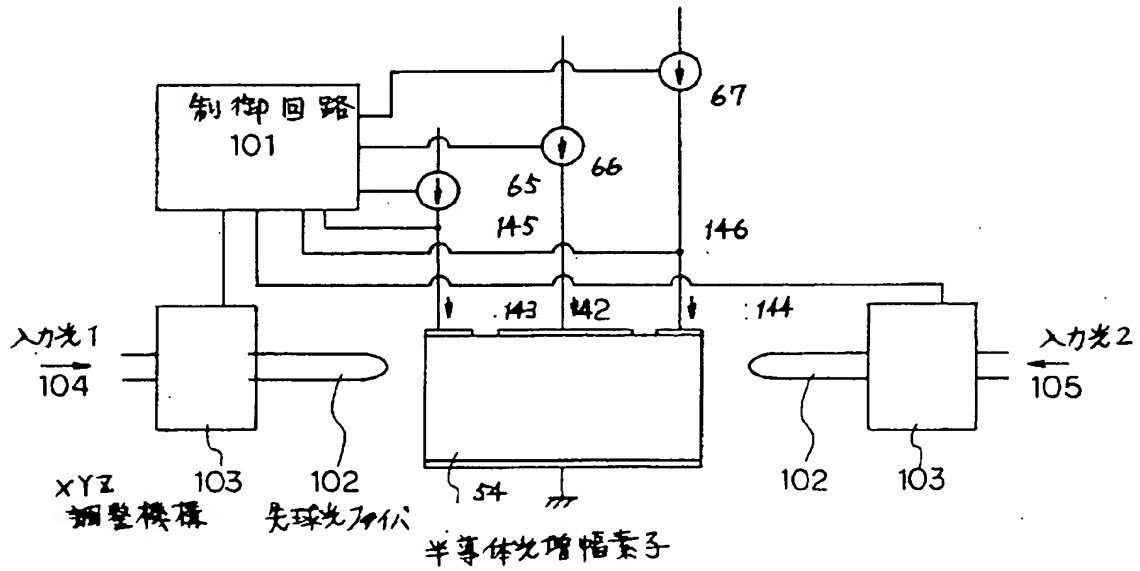
【図23】



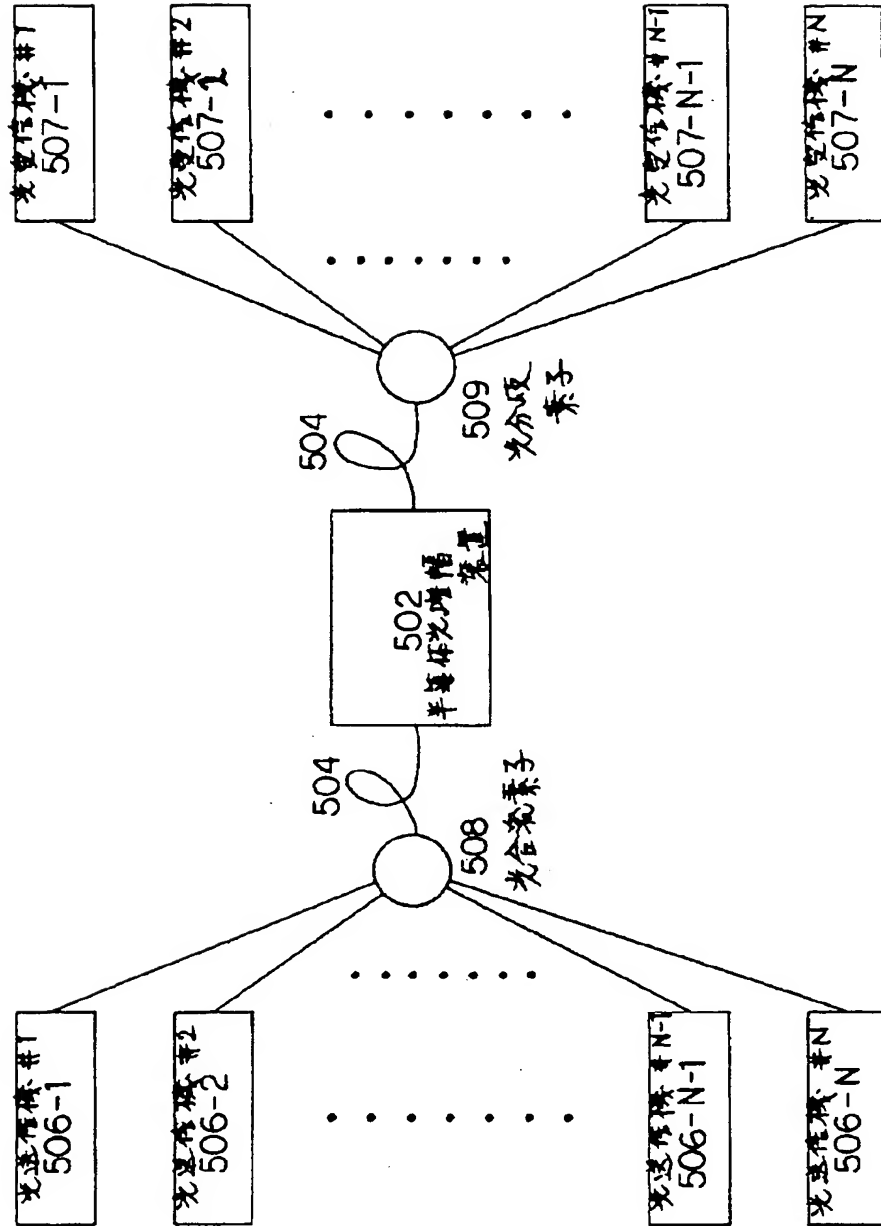
【図17】



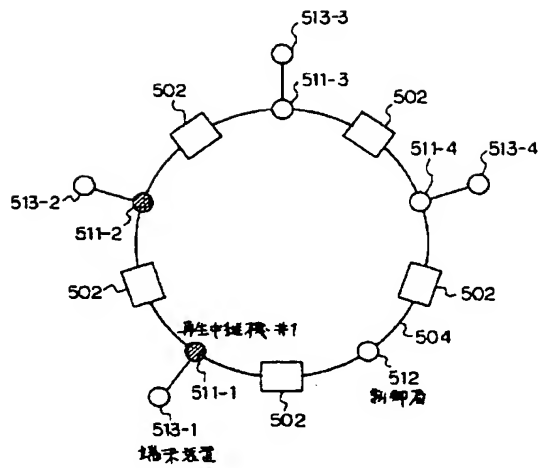
【図18】



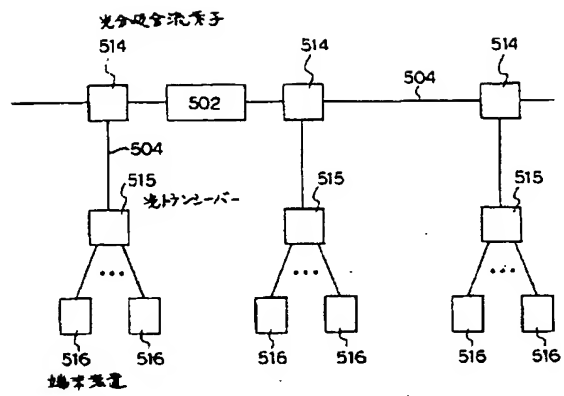
【図25】



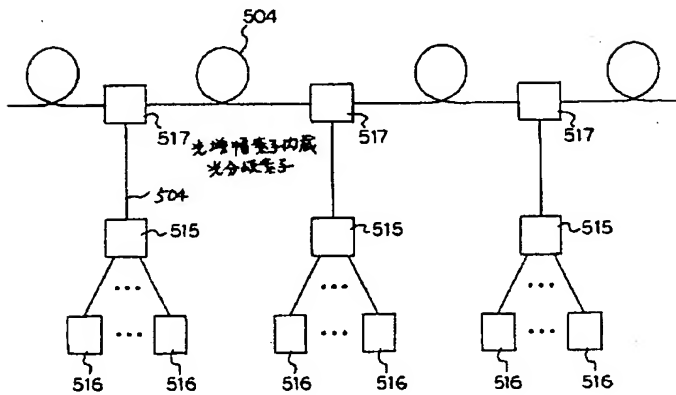
【図26】



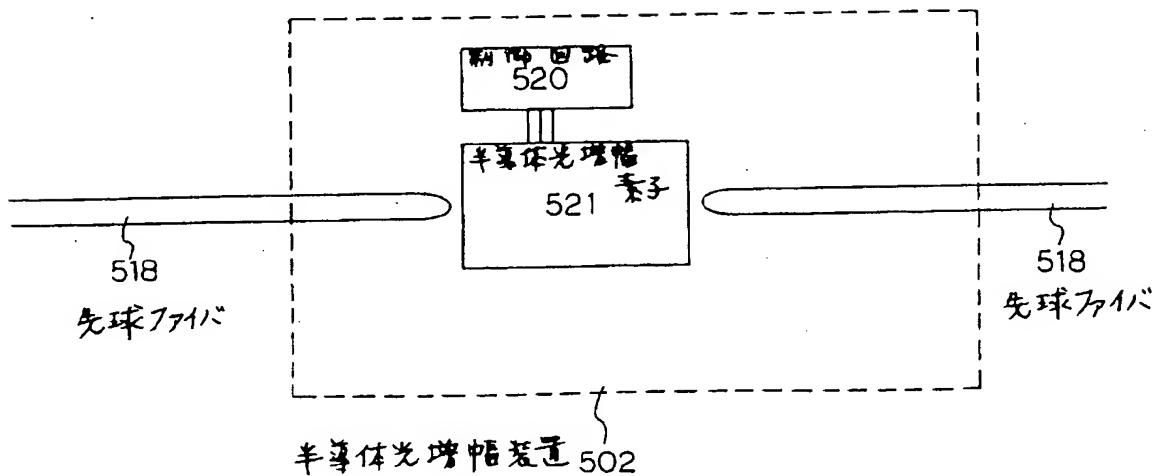
【図27】



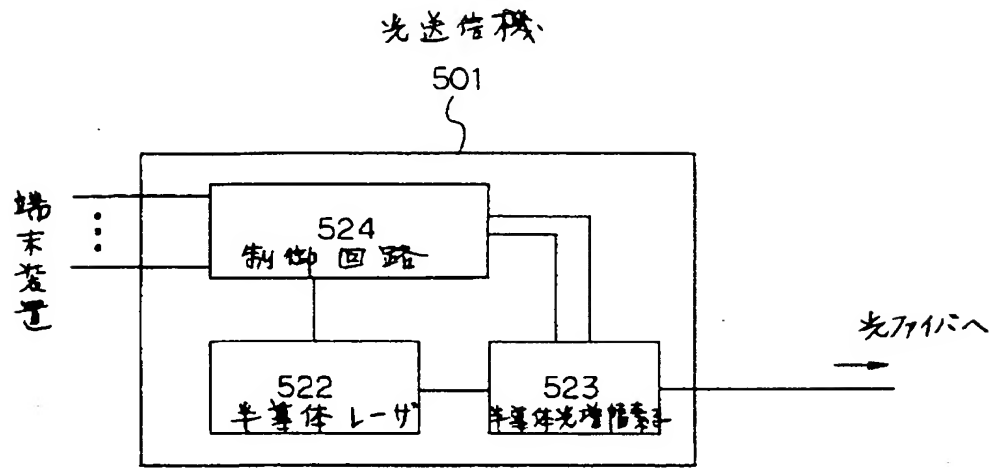
【図28】



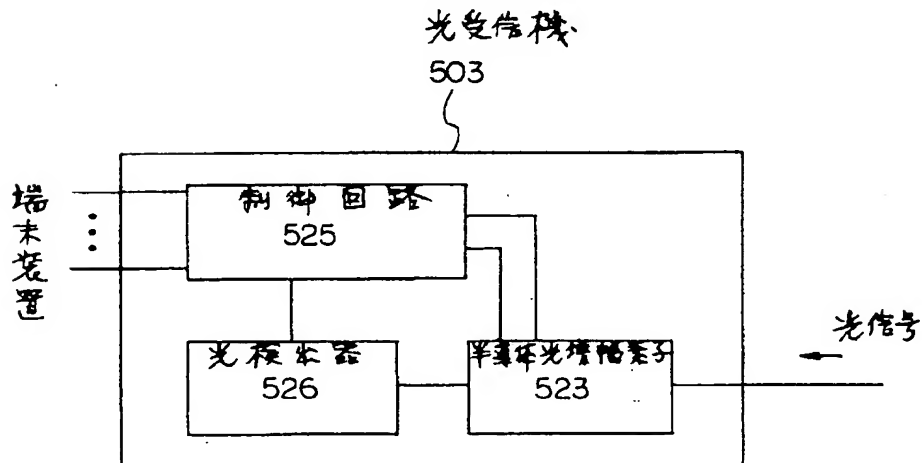
【図29】



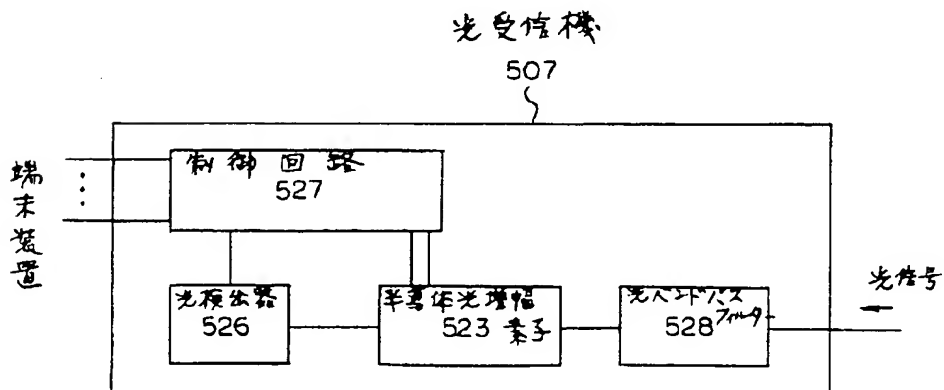
【図 3 0】



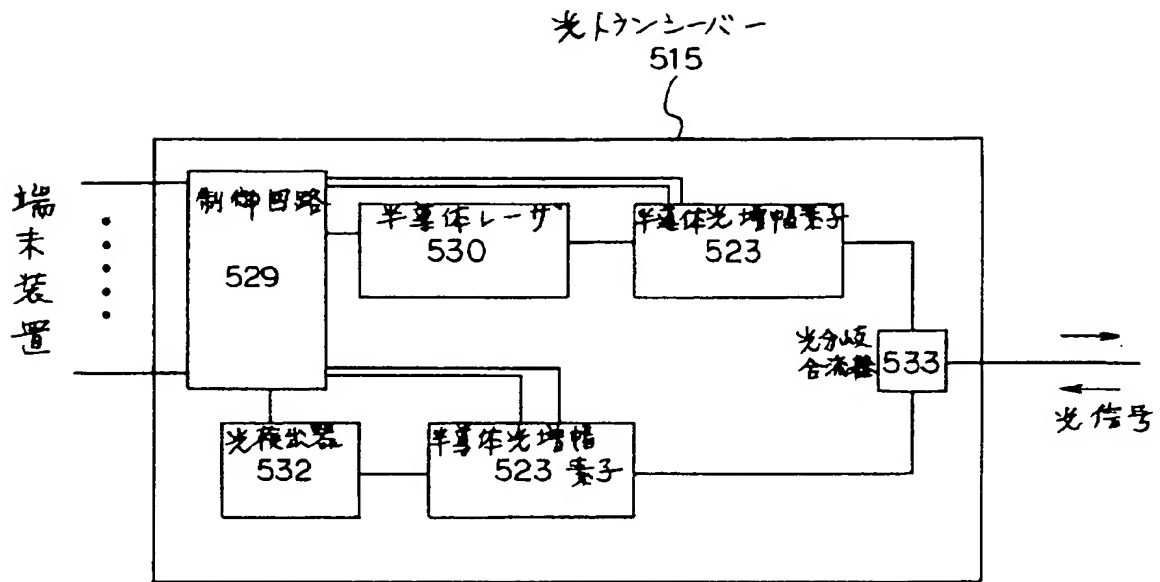
【図 3 1】



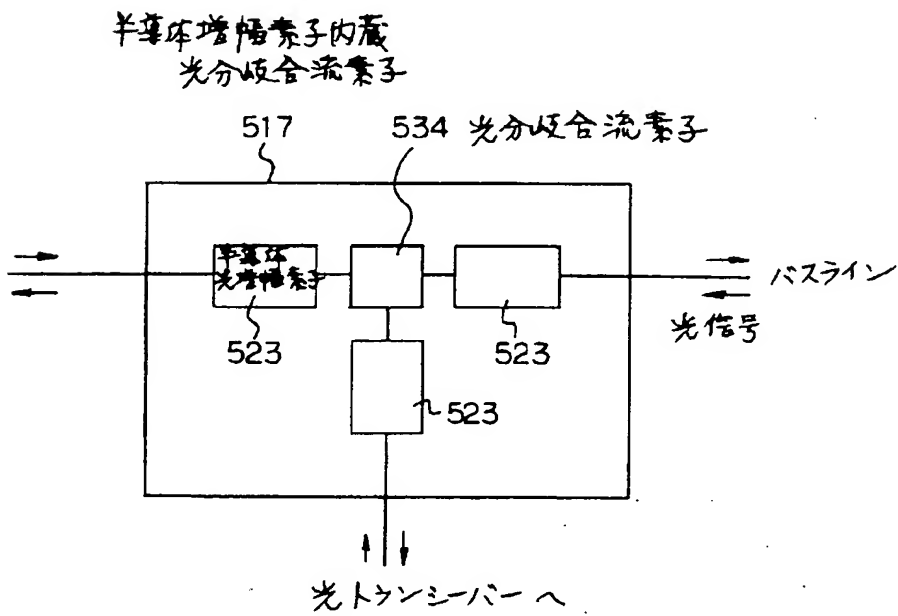
【図 3 2】



【図33】



【図34】



【図35】

